ÜBER

EINFLUSS DES BLUTDRUCKES

AUF DIE

HARNABSONDERUNG.

INAUGURAL-ABHANDLUNG

DER

ICINISCHEN FACULTÄT ZU ZÜRICH

VORGELEGT

von

FRIEDRICH GOLL, Dr. Med.,

aus

ZÜRICH.

WÜRZBURG,

Verlag von Paul Halm.

1853.



Einleitung.

Die Vorstellung, dass der Druck, welchen das Blut gegen die Gefässwandungen ausübt, einen wesentlichen Antheil an der Absonderung des Harnes nimmt, hat zum ersten Mal einen genaueren Ausdruck erfahren in den Mittheilungen, welche C. Ludwig *) über die Harnabsonderung veröffentlichte.

Nach seiner Anschauung sind die in den glomerulis vereinigten Gefässe Vorrichtungen, durch welche vermittelst des Blutdruckes eine Filtration in den Anfang der Harnkanälchen stattfindet. Dieser Druck besteht hier aber nach bekannten hydraulischen Grundsätzen darum, weil das aus den Gefässknäueln führende Gefäss (vas efferens) einen beträchtlich geringern Durchmesser besitzt als das vas afferens oder als der vereinigt gedachte Querschnitt der Gefässschlingen. Durch diesen erhöhten Seitendruck kann leicht eine Filtration aus dem Blute stattfinden. Fügt man zu dieser wohlbegründeten Annahme noch die Voraussetzung, dass in Folge irgend eines

---

*) C. Ludwig, Nieren- und Harnabsonderung in R. Wagner's Handwörterbuch. pag. 637.

nicht näher zu bestimmenden Umstandes einzelnen, wie namentlich den eiweissartigen Blutbestandtheilen der Durchtritt durch die Gefässwandung verwehrt und andern erlaubt sei, so würde die in den glomerulis ausgesonderte Flüssigkeit zwar eine sehr verdünnte sein, aber alle wesentlichen Harnbestandtheile enthalten. — Durch andere nachfolgende Flüssigkeit wird die frühere weiter vorwärts in die gewundenen Harnkanälchen geschoben. Dieser Abschnitt der Harnkanälchen ist von einem engmaschigen Capillargefässnetz, welches seinen Ursprung den vasa efferentia verdankt, umsponnen; das Blut dieser Gefässe muss durch die wässrigen Abscheidungen um ein Beträchtliches concentrirter geworden sein. In den gewundenen Harnröhrchen befindet sich eine höchst verdünnte Flüssigkeit, in den Capillaren an der Peripherie derselben ein sehr concentrirtes Blut, durch sehr zarte Membranen von einander getrennt; somit sind die Bedingungen eines lebhaften Diffusionsstromes gegeben, der nach den bekannten Erfahrungen sich vorzugsweise auf den Austausch von Wasser beziehen wird, d. h. es wird aus dem verdünnten Harne Wasser ins Blut übertreten und umgekehrt werden mehr lösliche Bestandtheile aus dem Blute in den Harn übertreten; der Harn wird durch diese Diffusionsvorgänge concentrirter.

Diese Hypothese stützt sich 1) auf die sicher nachgewiesene anatomische Einrichtung in den Nieren, 2) darauf, dass der flüssige Urin nie eine gewisse Concentration übersteigt, 3) weil im Allgemeinen ein schnell abgesonderter Harn auffallend arm an festen Bestandtheilen und umgekehrt sehr langsam ausgesonderter

Harn stark concentrirt ist, 4) weil sich die Harnmenge mehrt, wenn sich die im Blute enthaltenen, für den Urin bestimmten Stoffe mehren; 5) weil, wenn sich die festen Bestandtheile des Harns aus der Flüssigkeit noch innerhalb der Niere niederschlagen, keine Flüssigkeit mehr aus den Nieren ausgeschieden wird; 6) weil eine constante Absonderung ohne gleichzeitige Gegenwart eines endosmatischen Stoffes geschehen kann, und endlich 7) weil durch einen geringen Gegendruck, nach Löbell *), vom ureter aus die Absonderung ganz unterbrochen werden konnte.

Obwohl somit diese Annahme zahlreiche, auf die Harnabsonderung sich beziehende Erscheinungen erläutert, so kann sie doch durchaus nicht als eine wohlbegründete angesehen werden. So ist, um von Anderm zu schweigen, nicht einmal mit Sicherheit festgestellt, dass sich der Blutdruck in irgend welcher Weise an der Absonderung betheilige, denn es wäre ja denkbar, dass

1) durch eine grössere Dichtigkeit und Undurchdringlichkeit der Wandung an den Gefässen der glomeruli die Wirkungen des Blutseitendruckes aufgehoben werden und
2) könnte die Absonderung nur scheinbar eine dauernde sein, indem sie, z. B. ähnlich dem Herzschlage, eine nach Pausen wiederkehrende hätte sein können. Mit einer solchen Annahme würde es aber verträglich

---

*) Löbell, De conditionib. quib. secretion. in glandul. perficiunt. Marburg 1849. pag. 30.

gewesen sein, die Harnabsonderung von Nervenwirkungen abhängig zu machen.

Diese Gründe liessen es nothwendig erscheinen, genauere Versuche zur Entscheidung der Frage anzustellen, um so mehr, als man begonnen hatte, die Druckhypothese in ausgedehnter Weise den pathologischen Erklärungen zu Grunde zu legen. Darum war ich denn bereit, der in diesem Sinne an mich gerichteten Aufforderung des Herrn Prof. Ludwig nachzukommen, zumal mir die Benützung des hiesigen physiologischen Laboratoriums zuvorkommend gestattet wurde, wofür ich ihm hiermit meinen Dank abstatte.

Auch darf ich es nicht unterlassen, der mir von Herrn Cand. Med. Seidl bei meinen Versuchen geleisteten äusserst thätigen und freundschaftlichen Beihülfe unter Versicherung meines herzlichsten Dankes zu erwähnen.

VERSUCHSWEISE.

Es war nun zunächst auszumitteln, in wiefern der Seitendruck des Blutes auf die Harnabsonderung von Einfluss ist. Der directeste Weg besteht darin, die Spannung des in den Nierengefässen vorhandenen Blutes zu ändern, während man die Menge des in dieser Zeit abgesonderten Harnes auffängt.

Zu den Versuchen wurden meist recht grosse Hunde verwandt, die in mehreren Fällen vor den operativen Eingriffen durch Injection von tinctur. opii in die Jugularvene narcotisirt wurden.

Das Auffangen des Harnes.

Durch zwei seitliche, $1\frac{1}{2}''$ — $2''$ von der Mittellinie des Bauches (bei männlichen Hunden in der Höhe der Urethralmündung) geführte Schnitte von 1 — $1\frac{1}{2}''$ Länge wurde die Bauchhöhle eröffnet und allfällige Blutungen sorgfältig gestillt. Durch Einbringen von zwei Fingern wurden die Eingeweide weggeschoben und an der hintern Bauchwand nach der Arteria iliaca communis gefühlt; man hat in der Regel die Kreuzungsstelle mit dem Ureter nicht lange zu suchen, jedoch ist das Hervorziehen mit bedeutenden Schwierigkeiten verknüpft, bald erhält man bloss strangförmige Parthien des Netzes, bald Gefässe und Nerven (art., ven., nerv. spermatic. intern.), und bei weiblichen Hunden gar leicht die Tuben. Das Gefühl,

die Lage, die erreichbare Niere können bei einiger Uebung noch am sichersten leiten.

Je schneller man die Ureteren erreicht, natürlich um so reiner wird der Versuch ausfallen. Die Ureteren werden möglichst tief unten abgeschnitten, vom Bindegewebe, namentlich sorgfältig von Gefässen und Nerven isolirt, über eine geknöpfte, winklig gebogene Glascanüle festgebunden, und auf dem kürzesten Wege und in der natürlichsten Richtung aus der Wunde herausgelegt. Darauf werden zuerst die Muskeln mit sorgfältiger Vermeidung des Netzes und dann die Haut durch mehrere Hefte vereinigt. Es erheischt dies Anlegen der Nähte die grösste Vorsicht, da es sehr leicht vorkommt, dass man die Ureteren einklemmt und einschnürt, wodurch Stauung des Harns und somit die gröbsten Fehler entstehen müssen. Die Glascanülen werden in eine nach oben schiefe Lage gebracht, bis sie sich vollständig von abgesondertem Harn angefüllt haben, damit keine Luftblasen die Harnsäule unterbrechen. Sind beide vollkommen angefüllt, so werden die ihnen anhängenden Tropfen sorgfältig abgewischt, dann mittelst Korken, welche aber der Luft den Ausgang nicht verwehren, in Glaskölbchen eingefügt, die natürlich genau ausgetrocknet sind. Ich bemerkte dabei die bekannte stossweise Entleerung des Harnes, indem beinahe regelmässig wiederkehrend jede 20ste bis 30ste Secunde mehrere Tropfen hervorquollen, bald in beiden Nieren zur gleichen Zeit, bald verschieden, jedoch nur um wenige Secunden. In einem Falle war jedoch die Absonderung eine ganz continuirliche, ununterbrochene, Tropfen um Tropfen während

einem grösseren Zeitraume. Wenn der Harn blutig gefärbt war, oder Eiweiss enthielt, was jedesmal versucht wurde, verschob ich entweder den Versuch auf den andern Tag, oder wenn diese Störung nicht aufhörte, wurde er an diesem Thiere ganz aufgegeben. Die Zeit des Auffangens wurde genau notirt und die Menge des abgesonderten Urins nach dem Gewichte bestimmt. Um durch Verdunstung keine Fehler zu erhalten, wurden die Kölbchen bis zum Wägen und Eindampfen in einem mit Wassergas immer gesättigten Raume bewahrt.

Das Eindampfen des Harnes zur Bestimmung des festen Rückstandes geschah zuerst im offenen und später im geschlossenen Wasserbade und wurde so lange fortgesetzt, bis die Gewichtsabnahme eine constante war und beiläufig 1—2 milligrammes in der Stunde betrug. Die Erscheinungen fand ich sonst wie Kierulf *).

Wenn das Hervorleiten der Ureteren nicht zu lange Zeit erforderte, so konnten die Versuche beendigt werden, bevor eine merkliche Entzündung in der Unterleibshöhle eingetreten war. Es möchte künftighin passend sein, die Bauchhöhle gar nicht zu eröffnen, sondern nur die Blase zu pungiren, da bei Hunden der Catheter nicht angewandt werden kann. Diese angegebene Methode würde ich schon jetzt versucht haben, wäre es mir nicht darum zu thun gewesen, die Absonderungsmenge jeder einzelnen Niere zu prüfen.

Die Harnabsonderung wurde während mindestens 20 Minuten beobachtet, wo es aber anging, während

*) Kierulf. Versuche über die Harnsekretion. Mittheil. der naturf. Gesellschaft in Zürich. Juli 1852.

30—45 Minuten und dann alle Harnmengen auf die Zeit einer halben Stunde reduzirt.

Die Bestimmung des Blutdruckes.

Das Messen des Blutdruckes geschah auf die gewöhnliche Weise mit dem Kymographion und ich würde dies nicht erwähnen, wenn ich nicht eine neue Methode zur Ausmessung der Curven in Anwendung gebracht hätte. Die bis jetzt einzig brauchbare Methode zur Berechnung des mittlern Druckes aus einer Curve war die von Volkmann *) angegebene. Die Curve, welche auf Briefpapier gezeichnet wurde, wird durch zwei Ordinaten begrenzt, welche man über die Curve hinaus verlängert und beiden eine beliebige aber beiderseits gleiche Länge giebt; ihre Endpunkte werden durch eine gerade Linie verbunden. Nachdem das erhaltene Rechteck ausgeschnitten und gewogen ist, wird das über der Curve gelegene Stück abgetragen und das zur Abscisse gehörige Stück auch gewogen. Der Flächeninhalt beider Stücke verhält sich nun wie ihre Gewichte, und da bei beiden Stücken die Abscisse gleich bleibt, so verhalten sich die Gewichte wie die mittleren Höhen der Ordinaten; ist nun G das Gewicht des ersten Rechteckes, g dasjenige der ausgeschnittenen Curve, H die Höhe des ersten Rechtekes, x die mittlere unbekannte Ordinate der ausgeschnittenen Curve; so haben wir die Proportion:

$$G : g = H : x$$

und daraus $x = \frac{g \cdot H}{G}$

---

*) Volkmann. Hæmodynamik pag. 170.

Neben dieser Methode benützte ich das Ausmessen mit dem Planimeter von Wetli *). Vermittelst dieses sinnreichen Instrumentes lässt sich der Flächeninhalt einer jeden beliebigen Figur einfach dadurch ausmessen, dass man die gezeichnete Figur auf einem Tische fixirt, ebenso das Planimeter, und dann vermittelst eines an ihm angebrachten, nach jeder Richtung hin beweglichen Stiftes die Grenzlinien der Figur umfährt; alsdann kann man nun den Flächeninhalt an einem graduirten Kreisbogen, über dem ein Zeiger spielt, ablesen. Wenn die Abscisse, auf welcher die Zeit aufgetragen ist, x heisst und die Ordinaten, oder der in dieser Zeit bestehende Druck mit y bezeichnet wird, so ist der Mitteldruck M, d. h. der mittlere Werth von y für ein gegebenes Zeitintervall von x = a bis z = b auf der Abscisseaxe, strengrichtig

$$M = + \frac{\int_a^b y\,dx}{b - a}$$

d. h. gleich der Fläche zwischen der ersten und letzten Ordinate dividirt durch das zwischenliegende Stück der Abscissenaxe. Da man nun mit dem Planimeter leicht den Flächeninhalt eines Curvenstückes erhält, so hat man die Grösse desselben einfach durch das entsprechende Stück der Abscisse zu dividiren um den Mitteldruck zu erhalten.

Die Genauigkeit des Instrumentes ist unter Voraussetzung einer guten Messung, die einzig auf einem sorgfältig langsamen Nachzeichnen der Curve mit dem Stifte

*) Planimeter von Wetli. Verhandlung der k. Academie der Wissenschaft zu Wien. 1850. pag. 134.

beruht, eine fast unbeschränkte zu nennen. Diese Methode gewährt neben ihrer grossen Genauigkeit aber den Vortheil, 1) dass sie an Schnelligkeit der Ausführung die andere übertrifft, 2) dass man jede beliebige Stelle der Curve, also z. B. besonders schöne Abschnitte derselben, oder solche kleine Stücke, die während eines besonders wichtigen Momentes gezeichnet wurden, so klein sie auch sein mögen, genau messen kann, was bei der Wägungsmethode nicht möglich ist; 3) endlich verband ich mit ihrer Anwendung den Zweck, die Genauigkeit der bis jetzt üblichen Wägungsmethode zu controliren um daraus auf ihren reellen Werth schliessen zu können. Zu dem Zwecke prüfte ich zuerst verschiedene Papiersorten auf ihr Verhalten zwischen Gewicht und Flächeninhalt in verschiedener Ausdehnung und fand dies Verhältniss am constantesten bei einem feinen und recht dünnen Briefpapier, (das die Papierfabrikanten mit dem Namen Pelure bezeichnen) und was noch den grossen Vortheil hat, dass man darauf die Curven genau und schön durchzeichnen kann. Das Ausschneiden der Curven gelang mir am genausten mit einem spitzigen Messer auf einem glatt gehobelten Brette von Linden- oder Weidenholz. Zur Erleichterung der Division von $g \frac{H}{G}$ machte ich $G = 100$ Millimeters, dann bei der Planimetrie das Stück a bis b der Abscissenaxe auch $= 100$ Millimeters.

Herr Mechanikus Goldschmid in Zürich hatte die Güte mir sein bestes Planimeter zur Benützung zu über-

lassen, wodurch ich ihm sehr zu Dank verpflichtet bin. Ich bestimmte im Ganzen 24 Drücke aus den Curven zugleich durch beide Methoden, in mehreren Fällen wiederholt. Bei der Planimetrie entnahm ich das Resultat als Mittel aus 6 besondern Messungen (theils verschiedene Stücke der Curve, theils dieselben in verschiedenen Stellungen). Das beste Urtheil über die Genauigkeit der beiden Messungsmethoden erhält man aus den Generalmitteln. Die Summe der 24 Drücke war

durch das Planimeter = 15327 Millim.
durch die Wägung = 15342 »

Das Mittel durch Planimetrie = 63,0 } Mm. Quecksilbr.
durch Wägung = 63,1 }

Da nun aber der Mitteldruck aus der Curve erst mit 1,9 multiplicirt, den wahren Druck des Blutes in einer Arterie auf eine Quecksilbersäule ausmacht, wird sich auch die Differenz zwischen beiden Generalmitteln multipliciren müssen. Die Werthe sind

durch das Planimeter = 119,70 } Millim. Quecksilbr.
durch das Wägen = 119,89 }

mithin aber auch noch eine sehr geringe Differenz, welche kaum in Anschlag zu bringen ist. Man findet in den folgenden Tabellen selten eine Differenz von 3 bis 6 Mm., meist nur 1—2 oder nur Zehntel. Es spricht mithin dieses Resultat in erfreulicher Weise zu Gunsten der Wägungsmethode in Beziehung auf die Genauigkeit.

Der Blutdruck wurde während einer Minute geprüft, während wichtigen Momenten zu Anfang und zu Ende wichtiger Veränderungen. Ich schloss aus einer oder zwei Messungen, während je einer Minute, auf die ganze

Zeit von 30 Minuten, eine Annahme, die durch wiederholte Versuche bestätigt wurde.

Zur Aenderung des Blutdruckes stehen folgende Wege offen:

a) entweder Veränderung der Gefässspannung durch Entleerung oder Injection; Beschränkung oder Erweiterung der Gefässbahn: Aderlass, Transfusion, Arterienunterbindung und Schröpfstiefel.

b) Veränderung der Herzkräfte: Vagusdurchschneidung, Vaguserregung. Die Versuche von Ludwig und Hoffa*) beweisen, dass die Vagusreizung den Blutdruck verringert.

c) Veränderung der Aus- oder Einflussbahn der Stromröhren in die Nieren selbst.

Allerdings kann im ungünstigen Falle keiner dieser Umstände eine Veränderung in den Nierencapillaren hervorbringen, da ja eine Regulirung durch die musculösen Apparate der kleinsten Arterien möglich sein konnte, eine Gefahr, welche übrigens nicht sehr drohend erschien.

Sollen aber diese Versuche mit Veränderung des Blutdruckes für den Einfluss dieses letzeren auf die Harnabsonderung beweisend sein, so durften ausser der Veränderung des Blutdruckes durchaus keine neue Bedingungen eingefügt werden, namentlich keine Veränderung der Niere, der Blutzusammensetzung etc. Da nun aber genau genommen mit der Harnabsonderung selbst die Blutzusammensetzung sich ändert, insofern sie

---

*) Henle und Pfeufer's, Zeitschrift IX. Bd. pag. 124.

auf die Harnabsonderung von Einfluss ist, so dass z. B. der Wasser- und Salzgehalt des Blutes mit einer bedeutenden Menge abgesonderten Harnes abnimmt, so musste die Harnmenge nicht allein vor und während der Einführung eines veränderten Blutdruckes, sondern auch nach Wiederherstellung des frühern gemessen werden.

Unternimmt man von diesem Gesichtspunkte aus die Auswahl aus den möglichen Methoden, so zeigt sich, dass c) (Aenderung in den Nierengefässen selbst) ganz verworfen werden muss, weil dies nicht ohne zu grosse Alteration der Niere (Abkühlung, Gefässstauung, Entzündung etc.) möglich war; dieses ergiebt sich aus Beobachtungen über die Folgen der Verengerungen der Durchmesser der Nierenvenen, wie sie von H. Meyer *), Frerichs **) und Robinson ***) vorgenommen wurden. In diesen Fällen wurden statt eines normalen Harnes, Eiweiss und bluthaltiger Harn abgesondert.

Dagegen wur deb) (Vaguserregung) gewählt, obwohl man sich sagte, dass die Veränderung des Btutdruckes keineswegs die einzige sei, welche hiermit eingeführt wird, denn es könnten durch Circulationstörungen auf Hirn, Rückenmark, auf die Nerven Einflüsse ausgeübt werden, welche unmittelbar auf die Nieren oder durch Vermittlung anderer Organe wirksam sind, wie sich auch

---

*) H. Meyer Albuminurie im Archiv von Roser und Wunderlich III. Band, pag. 116.

**) Frerichs, Morbus Brighti (Monographie) Experimente. pag. 276.

***) Robinson. Medico-chirurg. Transact. Vol. XXVI. pag. 51.

erfahrungsgemäss aus den Beobachtungen von Bernard*) ergeben hat. Dennoch wollte ich auf die Versuche mit einem auf die ganze Circulation so wirksamen Mittel nicht verzichten.

Aus den unter a) angegebenen Versuchsreihen, welche auf eine Veränderung der Verhältnisse des Lumens der Gefässröhren zu ihrem Inhalte hinausliefen, wurden gewählt 1) der Aderlass, mit darauf folgender Zurückführung des Blutes und 2) die Beschränkung des arteriellen Systems durch Arterienunterbindung. 3) Der Schröpfstiefel (die Hæmospasie) konnte noch nicht in Anwendung gebracht werden; er würde jedoch sehr passend für Versuche an Menschen mit Harnblasenfisteln sein. Nach der aus unsern Versuchen fliessenden Voraussetzung würde während der Wirksamkeit des Schröpfstiefels die Harnmenge abnehmen müssen.

---

*) Bernard Comptes. rend. Tom. viij. pag. 398.

I. VERSUCHE MIT VAGUSERREGUNG.

Nach den Vorbereitungen, dem Auffangen von Harn, der Messung des Blutdruckes, wurden die Nervi vagi aufgesucht und durchschnitten. Alsdann wurden die feinen Poldrähte eines Inductionsapparates um die entblössten Nervenenden gewickelt und mit weichem Wachs in dieser Lage befestigt, wodurch man im Stande war, die Nerven wieder in ihre ursprüngliche Lage bringen zu können und nachher die Wunde zu vereinigen. Da sich für meine Versuche die Aufgabe stellt, den Pulsschlag während mindestens einer halben Stunde zu verlangsamen, so war es nothwendig, schwache Ströme durch den Nerven zu leiten, während er sich in Umständen befand, die der Erhaltung seiner Erregbarkeit günstig waren.

1r Versuch. Das Thier erhielt, wie dies immer geschah, circa 2 Pfund Wasser, das ihm durch eine Schlundsonde in den Oesophagus gespritzt wurde, und erhielt kein Opium. Das Auffinden der Ureteren hatte grosse Schwierigkeiten. Es wurden drei Portionen Urin aufgefangen, in welchen weder Blut noch Eiweiss zu finden war.

	Harnmenge.			*Zeitdauer.*
Portion.	Rechts.	Links.	Summe.	
1.	4,29	4,74	9,03	30 Min.
2.	5,68	5,45	11,13	
3.	7,94	7,33	15,27	

Im Mittel wurden in einer halben Stunde 11 Gr. Harn aus beiden Nieren ausgeschieden; während dieser Zeit wurde der Druck an der arter. cruralis gemessen; er betrug nach einer Beobachtung während einer Minute 135 Millim. Quecksilber; die Pulsfrequenz 150 in der Minute. Alsdann wurden beide Nervi vagi durchschnitten, die Poldrähte eingefügt, jedoch ohne den Strom wirken zu lassen. Die Respiration war mühsam.

Portion.		Rechts.		Links.		Summe.	Zeitdauer.
4.	—	4,90	—	5,32	=	10,22 Gr.	30 Min.

Der Blutdruck betrug 130 Mm. Hg; die Pulsfrequenz war auf 60 Schläge in der Minute herabgesunken. Nun wurde ein schwacher Inductionsstrom auf die Vagi angewandt.

Portion.		Rechts.		Links.		Summe.	Zeitdauer.
5.	—	0,82	—	1,54	=	2,36 Gr.	30 Min.

Der Blutdruck betrug aus zwei Druckbestimmungen die eine zu Anfang, die andere zu Ende der Erregung 104 Mm. Hg. Alsdann wurde der Strom aufgehoben und eine Pause von 15 Min. gemacht.

Portion.		Rechts.		Links.		Summe.	Zeitdauer.
6.	—	4,66	—	2,56	=	7,22 Gr.	30 Min.

Der Blutdruck war zu Ende des Versuches 126 Milm. Hg. und die Pulsfrequenz 112; noch ist zu bemerken, dass der Hund bei den Operationen etwas Blut verloren hatte.

2r Versuch. Das Thier erhielt Wasser und wurde nicht narcotisirt. Das Aufsuchen der Uretere war auch hier sehr schwierig.

Portion.		Harnmenge.	Summe.	Zeitdauer.
1.	—	R. 2,54 — L. 1,98 =	4,52 Gr.	30 Min.

An der Arteria cruralis betrug während einer Minute der Druck 130 Mm. Hg. Es wurden nun beide Vagi in Ligaturen gefasst, stark zugeschnürt und so wieder an ihren Ort gebracht. Die Harnmenge betrug

Portion.		Rechts.		Links.		Summe.	Zeitdauer.
2.	—	0,39	—	2,33	=	2,72	30 Min.
3.	—	2,91	—	0,76	=	3,67	»

mithin eine Abnahme von 2 Gr. für beide Nieren. Der Blutdruck 96 Mm. Hg., mithin hatte er um 34 Mm. abgenommen.

Hierauf wurden die Nerven mit dem electrischen Strome erregt, jedoch schien das Thier davon gar nicht afficirt zu werden; Blutdruck, Pulsschläge und Harnmenge sprachen dafür, dass der Einfluss null war.

Portion.		Rechts.		Links.		Summe.	Zeitdauer.
3.	—	2,44	—	2,56	=	5,00	30 Min.

Mithin schon eine Zunahme; der Blutdruck ergab während einer Minute aus zwei Druckbestimmungen 106 Mm. Hg., eine Pulsfrequenz von 230 zu Anfang und 280 zu Ende der halben Stunde. Es wurde mit der Erregung aufgehört, die Ligaturen um die Vagi aber nicht entfernt.

Portion.		Rechts.		Links.		Summe.	Zeitdauer.
4.	—	2,83	—	3,22	=	6,05 Gr.	30 Min.

Der Blutdruck betrug 135 Mm. Hg.

Tabelle I.

Versuche.	Portion	Harnmenge in 30 Min. in Grammen. Rechts.	Links.	Summe.	Fester Rückstand in %	Blutdruck in Mm. Quecksil. Planimtr.	Wägung.	Vergleichung der mittleren Werthe der Harnmeng.	d. Blutdruck.
I.									
Vorher	a.	4,74	4,29	9,03	15,1	134,1	136,7		
	b.	5,45	5,68	11,13	12,8				
	c.	7,33	7,94	15,27	8,6				
Nach der Durchschneidung	d.	5,32	4,90	10,23	8,1%	129,2	130,0	1	1,2
Während d. Vaguserregung	e.	1,54	0,82	2,36	12,8	105,7	103,9		
Nachher	f.	2,56	4,66	7,22	12,0	126,6	126,4		
Mittel aus a, b, c und	f.	—	—	10,66	—	130,9	—	1 : 4,5	
II.									
Vorher	a.	1,98	2,54	4,50	13,5%	131,5	130,8		
Nervi vagi durch Ligaturen zugeschnürt	b.	2,33	0,39	2,72	13,8%	96,6	97,1		
	c.	0,76	2,91	3,67	13,5%			1	1,4
Während d. Vaguserregung	d.	2,56	2,44	5,00	14,5	106,4	107,6		
Nachher	e.	3,22	2,83	6,05	15,3%	135,3	136,5		
Mittel aus a und	e.	—	—	5,28	—	133,7	—	1 : 1,9	

II. VERSUCHE MIT ADERLASS

und darauf folgender Zurückführung des entfaserstofften Blutes.

Obwohl der Aderlass das einfachste und direkteste Mittel ist, um den Blutdruck herabzusetzen, so darf doch hier nicht übersehen werden, dass sich auch die Qualität des Blutes durch den Aderlass verändert. Bekanntlich verliert es hierdurch an festen Stoffen und zugleich ändert sich das Verhältniss zwischen diesen selbst, indem die Menge des Fibrins und der Salze im Verhältniss zu den übrigen Eiweissstoffen zunimmt. Diese Veränderungen werden aber unzweifelhaft nicht wieder aufgehoben, wenn das gelassene Blut in die Adern zurückgebracht wurde; im Gegentheil wurden wohl noch neue Abweichungen eingeführt, theils dadurch, dass faserstofffreies Blut eingespritzt wird, zum Theil aber auch darum, weil das Blut ausserhalb des Körpers, durch die stets in ihm vorgehende Selbstzersetzung noch anderweite Umwandlungen erfahren hatte. Trotz dieser Mängel schien es mir dennoch der Mühe werth, den Versuch anzustellen, seitdem durch C. Ludwig gezeigt worden war, dass Aderlässe und Bluteinspritzung ohne Einfluss auf die Speichelabsonderung waren.

Der Aderlass wurde an derselben Arterie vorgenommen, an der der Druck bestimmt wurde. Das abfliessende Blut wurde durch Schlagen defibrinirt, durch Leinewand filtrirt, dann in einer Temperatur von 40 ⁰ C.

im Wasserbade erhalten. Immer ging bei der Filtration und beim Schlagen, beim Einspritzen etwas Blut, welches an dem Glase, dem Seihtuch, der Spritze u. s. f. hängen blieb, verloren, so dass nicht mehr so viel eingespritzt wurde, als dem Thiere entzogen war. Das Blut wurde mittelst der erwärmten Spritze in die Art. carotis eingeführt, mit der Vorsicht nicht plötzlich, sondern allmählig und absatzweise den Stempel vorzuschieben.

1r Versuch. Der Hund erhielt 3 Pfund Wasser, das ihm auf die schon erwähnte Weise in den Magen gebracht wurde, auch wurde er durch Einspritzen von Tinct. opii in die vena jugul. ext. narkotisirt. Die Ureteren waren bald gefunden und in die Canülen eingefügt. Die Harnmenge betrug

Portion.		Rechts.		Links.		Summe.	Zeitdauer.
1.	—	4,87	—	4,75	=	10,62	30 Min.
2.	—	6,09	—	5,19	=	8,65	»
3.	—	6,20	—	4,59	=	11,28	»

Die Harnmenge im Mittel war mithin 10,18 Gr. in einer halben Stunde. —

Der Druck in der Carotis betrug 134 Mm. Hg.; es wurden zwei Druckbestimmungen vorgenommen, jede von der Dauer einer Min.

Der Aderlass lieferte 530 Gr. Blut.

Portion.		Rechts.		Links.		Summe.	Zeitdauer.
4.	—	1,97	—	2,95	=	492	30 Min.

Der hier bestimmte Druck ergab 119 Mm. Hg.; war mithin um 15 Millim. niedriger.

Hierauf spritzte ich 498 Grammes defibrinirten Blutes von 40 ⁰ C. in die Carotis ein. Blutdruck = 124 Mm. Hg.

Portion.		Rechts.		Links.		Summe.	Zeitdauer.
5.	—	3,65	—	4;01	=	7,66	30 Min.

Die festen Rückstände nahmen nach der Transfusion zu und nach dem Aderlasse ab. Vor dem Aderlass im Mittel 19,5 %, nach dem Aderlasse 8,5 % und nach der Infusion 11,0 %.

2r Versuch. Das Auffinden der Ureteren geschah leicht und schnell durch eine kaum 3/4" lange Wunde. Der Hund erhielt Wasser und kein Opium.

Portion.		Rechts.		Links.		Summe.	Zeitdauer.
1.	—	2,92	—	0,06	=	2,98	30 Min.
2.	—	0,96	—	1,30	=	2,27	»

Der entsprechende Blutdruck an der Carotis betrug 123 Mm. Hg. Durch einen Aderlass an der genannten Arterie entleerte ich 564 Gr. Blut, worauf die Harnmenge

Portion.		Rechts.		Links.		Summe.	Zeitdauer.
3.	—	0,10	—	0,70	=	0,80 Gr.	30 Min. betrug.

Diese Menge war so gering, dass ich keine Bestimmung des festen Rückstandes vornehmen konnte. Der Blutdruck mass 77 Mm. Hg.

Das defibrinirte Blut von 40 ⁰ C. wog 532 Grammes, vor dem Einspritzen gingen aber circa 2 Unz. Blut verloren, so dass die Menge des wiedereingeführten Blutes auf nur 470 Gr. zu schätzen war. Die Harnmenge wog

Portion.		Rechts.		Links.		Summe.	Zeitdauer.
4.	—	7,32	—	4,91	=	12,23 Gr.	30 Min.

Der Blutdruck war von 77 Mm. auf 112 Mm. Hg. gestiegen zu Ende des Versuches.

3r Versuch. Auch hier liessen sich ohne Schwierigkeiten die Ureteren auffinden, ohne Blutung und bei möglichst kleiner Wunde. Die Harnmenge war eine beträchtliche; der Hund hatte 2 Pfund Wasser in den Magen erhalten;

Portion.	Rechts.	Links.	Summe.	Zeitdauer.
1. —	38,11 —	23,11 =	61,23	30 Min.
2. —	31,16 —	16,33 =	47,50 Gr.	»

im Mittel also 54,36 Gr., bei einem Blutdrucke an der linken Carotis von 141 Mm. Hg. Der darauf vorgenommene Aderlass lieferte 480 Gr. Blut. Die Harnmenge nahm nun ganz auffallend ab, sank von 54 Gr. auf

Portion.	Rechts.	Links.	Summe.
3. —	0 —	2,06 =	2,06 Gr.

in der halben Stunde, welche Harnmenge nur von der linken Niere stammte; auch wurde nachgewiesen, dass der rechte Ureter keine Einklemmung erfahren hatte; diese Niere lieferte keine Tropfen. Der entsprechende Blutdruck betrug 57 Mm. Hg.

Es wurden nun dem Thiere 437 Gr. Blut wieder eingespritzt, worauf der Blutdruck 122 Mm. Hg. betrug. Die Harnmenge wog

Portion.	Rechts.	Links.	Summe.	Zeitdauer.
4. —	17,15 —	12,19 =	19,34 Gr.	30 Min.

Tabelle II.

Versuche.	Portion	Harnmenge in 30 Minuten. Rechts.	Links.	Summe.	Fester Rückstand.	Blutdruck in Mm. Quecksil. Planimtr.	Wilgung.	Vergleichung der mittleren Werthe der Harnmeng.	d. Blutdruck.
I.									
Vor dem Aderlasse	a.	4,87	4,75	10,62	8,5%	134,4	134,2		
	b.	6,09	5,19	8,65					
	c.	6,20	4,59	11,28					
Während der Blutleere	d.	1,97	2,95	4,92	9,6%	119,2	120,3	1 : 1,9	1 : 1,08
Nach der Rückfüllung	e.	3,56	4,01	7,66	11,0%	124,9	124,1		
Mittel aus a, b, c und	e.	—	—	9,55	—	129,4	—		
II.									
Vor dem Aderlasse	a.	2,92	0,06	2,98	12,7%	122,8	123,5		
	b.	0,96	1,30	2,27					
Während der Blutleere	c.	0,10	0,70	0,80	?	78,9	75,3	1 : 7,3	1 : 1,5
Nach der Transfusion	d.	7,32	4,91	12,23	12,6%	114,6	111,9		
Mittel aus a, b und	d.	—	—	5,82	—	117,9	—		
III.									
Vorher	a.	38,11	23,11	61,23	2,7%	139,3	144,7		
	b.	31,16	16,33	47,50	2,1%				
Während der Blutleere	c.	0	2,06	2,06	?	57,0	57,8	1 : 20,7	1 : 2,3
Nach der Rückfüllung	d.	7,15	12,19	19,34	4,5%	121,0	123,3		
Mittel aus a, b und	d.	—	—	42,69	—	132,1	—		

III. VERSUCHE MIT ARTERIENUNTERBINDUNG.

Am reinsten erscheinen auf den ersten Blick die nun zu beschreibenden Versuche, bei denen der Blutdruck durch Arterienunterbindung gesteigert wurde. In der That verändert man scheinbar hierdurch weder Blutzusammensetzung noch den Erregungszustand eines Nerven. Aber dennoch konnte dieser günstige Schein trügerisch sein; denn da man vorzüglich Arterien unterbindet, welche wesentlich zu den muskelreichsten Abtheilungen des Körpers ihr Blut führen, so schneidet man damit offenbar dem Blute die Umsetzungsproducte der Muskeln ab; und da man ferner die Kopfschlagadern mit Ligaturen versieht, so ist diese Operation von wesentlichen Folgen auf die Gehirnfunctionen. Der erste den Werth des Resultates beeinträchtigende Umstand scheint übrigens vollkommen vernachlässigt werden zu dürfen, bei der Kürze der Zeit, während welcher die Hemmung des Kreislaufes in den Muskeln geschieht.

1r Versuch. Der Hund erhielt Wasser und wurde durch Opium narcotisirt. Das Aufsuchen der Harnleiter konnte leicht bewerkstelligt werden; der Harn floss hell und rein ab. Harnmenge zu Anfang des Versuches:

Portion.	Rechts	Links.	Zeitdauer.
1.	—	5,03	30 Min.

in der linken Niere bei einem Blutdrucke von 122 Mm. Hg. an der Carotis.

Hierauf wurden folgende Arterienstämme unterbunden:

die Carotiden,
» *Cruralen,*
» *Cervicales ascendentes,*

da zu der Subclavia zu gelangen nicht ausführbar schien. Harnmenge in der linken Niere in 30 Min. 5,78 Gr. bei einem Drucke von 157 Mm. Hg. Nachdem sämmtliche Ligaturen gelöst und entfernt waren, betrug die Harnmenge in derselben Niere 3,98 Gr. bei einem Blutdruck von 129 Mm. Hg. Leider war der Ureter der rechten Seite an der Haut eingeklemmt und dadurch eine Harnstauung eingeführt. Weil ich nun dies erst gegen das Ende des Versuches entdeckte, musste ich die Resultate aus der rechten Niere unberücksichtigt lassen. Die Bedeutung dieses Versuches wird natürlich dadurch nicht beeinträchtigt, weil ja doch Hemmungen der Absonderung in der einen Niere den Druck in der andern weder vermindern noch vermehren können.

2r Versuch. Der Hund erhielt auch diesmal 2 Pfund Wasser und wurde durch Einspritzen von Opium narcotisirt. Die Ureteren waren leicht aufgefunden und auf die Glascanülen befestigt. Zu Anfang des Versuches wog die Harnmenge

Portion.	Rechts.	Links.	Summe.	Zeitdauer.
1. —	3,46 —	5,29 =	8,76 Gr.	30 Min.

bei einem Blutdrucke von 128 Mm. Hg.; hier wie im vorigen Versuche wurde die Carotis zum Messen des Druckes benützt. Es wurden

die Cruralen,
» *Carotiden,*
» *Subclavia sinistra* und
» *Art. colli ascendens dextra*

unterbunden; der Harn, der während dieser Zeit aufgefangen wurde, betrug

Portion.		Rechts.		Links.		Summe.		Zeitdauer.
2.	—	6,14	—	15,08	=	21,22 Gr.		30 Min.

bei einem Blutdrucke von 141 Mm. Hg.; also ein plus von 11 Gr. Harn, bei einem Steigen des Druckes um 15 Mm. Hg. Nach Lösung und Entfernung der Ligaturen sank die Harnmenge auf 12,5 Gr.

Portion.		Rechts.		Links.		Summe.		Zeitdauer.
3.	—	6,17	—	6,37	=	12,54 Gr.		30 Min.

dabei sank der Druck noch tiefer herab, als er ursprünglich war, indem er zu Ende des Versuches 120 Mm. Hg. mass.

Tabelle III.

Versuche.	*Harnmenge in 30 Min.* in Gram. Rechts.	Lks.	Sum.	Fester Rück-stand.	*Blutdruck* in Mm. Hg. Plani-meter.	Wäg-ung.	*Vergleichung* d. Mitlwerthe d. Harn-mengen.	d. Blut-drucks.
I. Portion								
Vor der Unterbindung a.	?	5,03	?	10,7%	122,8	123,5		
Nach d. Unterbindung von 6 Arterienstäm. b.	?	5,78	?	12,08	157,7	157,7		1 : 1,3
Nach Lösung der Ligaturen . . . . . . c.	?	3,98	?	13,5%	129,7	129,4		
Mittel aus a und c.	—	4,93	?	—	126,4	—	1 : 1,2	
II.								
Vor der Unterbindung a.	3,46	5,29	8,76	13,0%	127,5	129,1		
Nach d. Unterbindung von 6 Arterienstäm. b.	6,14	15,08	21,22	13,3	142,0	139,7		1 : 1,13
Nach Lösung der Ligaturen . . . . . . c.	6,17	6,37	12,54	13,9	121,6	119,2		
Mittel aus a und c.	—	—	10,65	—	125,0	—	1 : 1,9	

Uebersicht der Resultate.

Die vorliegenden Versuche liefern das unzweideutige Resultat, dass während der Erregung der Nervi vagi und im Zustande der Blutleere des Gefässsystems die Harnabsonderung abnimmt, nach einer Unterbindung von mehreren Arterienstämmen aber zunimmt.

Da unter den ersten Bedingungen die Spannung des Blutes im arteriellen Abschnitte des Gefässsystems ab-, in den zweiten aber zunahm, so konnte man auf den ersten Blick geneigt sein, den Schluss zu ziehen, dass *die Absonderung in den Nieren mit dem Blutdrucke veränderlich sei.* Dieser Anschauungsweise dürfte es ferner noch zur besonderen Empfehlung dienen, dass Einflüsse, von einer sonst so sehr verschiedenen Nebenwirkung auf den Körper, gerade in den beiden Punkten übereinstimmen, eine Veränderung des Blutdruckes und der abgesonderten Harnmenge erzeugen. Hingegen erheben sich dennoch bei einer genauen Betrachtung der mitgetheilten Ergebnisse wesentliche Bedenken.

Zuerst ergab es sich nämlich, dass zu verschiedenen Zeiten die Harnabsonderung und der Blutdruck nicht in einer solchen Beziehung zu einander standen, vermöge deren sie sich in gleicher Richtung ändern. So zeigte z. B. Tab. I Versuch 2, dass die Harnmenge in 30 Min. 5,0 Gr. betrug, während der Mitteldruck an der Art. cruralis 106 Mm. ergab und dass die Absonderung auf 4,5 Gr.

für dieselbe Zeitdauer von 30 Min. sank, während der Druck auf 130 Mm. gestiegen war. Tab. II. Versuch 1 ergiebt, dass bei demselben Mitteldruck die durch 30 Minuten abgesonderte Harnmenge von 10,6 auf 8,6 Gr. sank und dann wieder auf 11,2 Gr. stieg. Tab. III im Versuch 2 aber war bei 120 Mm. Mitteldruck die Harnmenge 12,5 Gr., und als der Druck auf 128 Mm. gestiegen war, sank die Harnmenge auf 8,7 Gr. Im 3ten Vers che der Tab. II schwankt sie bei gleichem Blutdruck von 61,2 auf 47,5 Gr. Beim ersten Versuche Tab. III, als der Blutdruck auf 129 Mm. stand und die Harnmenge 3,9 Gr. betrug, wuchs diese auf 5,0 Gr. als der Druck auf 122 Mm. sank; ähnlich im Versuch 2, indem bei 120 Mm. Mitteldruck 12,5 Gr. Harn abgesondert wurden, bei 128 Mm. aber nur 8,7 Gr. in 30 Min.

Noch auffallender aber war folgendes Ergebniss: Als an dem Hunde, Tafel III, Experiment 2, nach der Unterbindung der Arter. carotides, subclavia, colli ascendens, crurales der Versuch beendet war, unternahm ich noch die Unterbindung der Iliaca communis sinistra. Ich fand, wie schon zum Theil aus der Tafel zu ersehen ist:

		Blut-druck.		Harn-menge.
Vor der Unterbindung	—	127	—	8,7 Gr.
Während der Unterbindung der 6 Art.-Stämme	—	142	—	21,2 Gr.
Während der Unterbindung der 6 Art. noch Unterbindung der Iliaca communis	—	134	—	6,6 Gr.
Nach Lösung aller Ligaturen	—	121	—	12,5 Gr.

Abgesehen davon, dass hier auch nach weitergehender Verengerung des arteriellen Strombettes (durch Ausfall der einen Art. hypogastrica) unbegreiflicher Weise der Mitteldruck gefallen war, sank aber auch ganz plötzlich die Harnmenge um mehr als das dreifache und stieg, als sich nachher der Druck noch weiter minderte, wieder um das Doppelte.

Bei den herrschenden Ansichten dürfte man unter Festhaltung der Filtrationshypothese, geneigt sein, diese Abweichungen aus einer Veränderung in der Blutzusammensetzung abzuleiten. Es würde somit, wie schon C. Ludwig ausführte, die Absonderungsmenge von zwei Elementen abhängen, welche sich gegenseitig verstärken oder aufheben könnten, je nachdem beide gleichzeitig in derselben oder nach entgegengesetzter Richtung thätig waren. Enthielte das Blut viele Harnbestandtheile (Wasser, Salze, Harnstoff etc.), und befände es sich zugleich unter starker Pressung, so würde das Maximum der Harnabsonderung eintreten, eine mittlere Menge derselen aber, wenn ein an Harnbestandtheilen armes Blut unter starker Pressung, oder ein an Harnbestandtheien reicheres Blut unter schwacher Pressung die Nieren urchströmte. Im Minimum aber würde die Harnabonderung vor sich gehen, wenn ein an Harnbestandeilen armes Blut unter einem geringen Seitendrucke ie Nierengefässe durchliefe.

Aber auch gegen diese Vorstellung sprechen meine ersuche. Denn wenn man eine Vergleichung der Abnderungsmenge beider Nieren unternimmt, also zu eicher Zeit und unter nothwendig gleicher Zusammen-

setzung des Blutes und gleichem Drucke im artiellen Systeme, so ergibt sich die auffallende Thatsache, *dass die Harnmengen beider Nieren einander niemals parallel gehen, und nicht constant die eine derselben ein Uebergewicht über die andere besitzt; im Gegentheil, bald sondert die eine und dann die andere mehr aus.* Die vorausgesetzten Bedingungen der Absonderung, Blutdruck und Blutzusammensetzung haben sich aber offenbar in beiden immer parallel geändert, sie konnten somit nicht schuld sein an der Schwankung der Absonderung im entgegengesetzten Sinne. Als einige der auffallendsten Beispiele für diese Erscheinung hebe ich heraus: In Tafel II., Exp. I., sonderte eine Stunde lang vor dem Aderlasse, die rechte Niere 11,44 Gr., die linke aber 9,62 Gr. aus, eine Stunde nach dem Aderlasse (und zwar auch noch nach der Rückfüllung des Gefässsystems), die rechte 5,52 Gr., die linke aber 6,96. Im Versuch 3, derselben Tabelle lieferte vor dem Aderlasse die rechte Niere 69,27, die linke aber nur 39,44 Cr. während einer Stunde und eine Stunde nach derselben, die rechte 7,15, die linke aber 12,19 Gr.

Diese Thatsachen deuten unwidersprechlich darauf hin, dass in den Nieren selbst Umstände eintreten, welche die Menge der Harnabsonderung bestimmen helfen, vermöge deren, unabhängig von der überhaupt im Arteriensystem wirksamen Spannung und unabhängig von der Blutzusammensetzung, sich die Harnmenge ändern kann. Es würde voreilig sein, aus meinen Erfahrungen auf diese besondern Vorgänge einen Schluss zu wagen, sie können ebenso leicht in einer Regulirung des Blutstro-

mes in den kleinsten Arterien, durch ihre musculösen Apparate, als auch in andern verwickelteren Beziehungen zwischen den Bestandtheilen des Blutes und der Wandung der Harncanälchen oder der Blutcapillaren, begründet sein.

Nach allem diesem kann aus den vorgelegten Thatsachen nur die Folgerung gezogen werden, *dass der Seitendruck im arteriellen Systeme einen wesentlichen Einfluss auf die Harnabsonderung ausübt,* jedoch so, dass daneben noch andere Momente von Einfluss sind. — Jedenfalls ist auch das für praktische Zwecke wichtige Ergebniss festzuhalten, dass die Erregung des Nervus vagus die Harnabsonderung sehr sparsam mache. Vielleicht steht es damit im Zusammenhang, dass im lebenden Menschen bei seltenem und kräftigem Herzschlage, wie er bei Vaguserregung vorkommt, die Harnabsonderung sehr sparsam wird. — Ferner, dass nach plötzlicher Entleerung des Gefässystems die Harnmenge gering, bei entschiedener Vermehrung des Blutes im arteriellen Systeme bedeutender wird. Daneben muss es dahingestellt bleiben, wie lange Zeit hindurch die beiden zuletzt genannten Einflüsse eine derartige Wirkung ausüben.

